

<https://doi.org/10.26160/2572-4347-2024-21-23-25>

## ВЛИЯНИЕ НАГРУЗКИ НА КОЭФФИЦИЕНТ ТРЕНИЯ МАТЕРИАЛА УГЛЕКОН ПРИ ВЫСОКОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

*Рошчин М.Н.*

*Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук,  
Москва, Россия*

**Ключевые слова:** трение, коэффициент трения, трибологические испытания, сталь 40X13, материал Углекон, модифицированная поверхность.

**Аннотация.** Приведены результаты трибологических испытаний модифицированного углерод-углеродного материала Углекон в паре со сталью 40X13, применяемого в подшипниках скольжения при высокой температуре. Структурно измененная поверхность трения материала Углекон+(Se-ПТФЭ) имеет хорошие трибологические свойства в диапазоне температуры 300...400°C, нагрузке 0,22...1,0 МПа, скорости 0,25 м/с коэффициент трения изменяется в диапазоне 0,062...0,084.

## THE EFFECT OF THE LOAD ON THE COEFFICIENT OF FRICTION OF THE CARBON FIBER MATERIAL AT HIGH TEMPERATURE

*Roshchin M.N.*

*Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of Sciences,  
Moscow, Russia*

**Keywords:** friction, coefficient of friction, tribological tests, steel 40X13, Carbon fiber material, modified surface.

**Abstract.** The results of tribological tests of the modified carbon-carbon material Carbicon paired with 40X13 steel used in sliding bearings at high temperature are presented. The structurally modified friction surface of the Carbon+(Se-PTFE) material has good tribological properties in the temperature range 300...400 °C, load 0,22...1,0 MPa, velocity 0,25 m/s, the coefficient of friction varies in the range 0,062...0,084.

### **Введение**

Проблема борьбы с износом деталей современной техники при работе в среде повышенных температур, которая вносят особое разнообразие в процессы трения, актуальна для многих отраслей машиностроения. Повышение эксплуатационных свойств материалов триботехнического назначения часто достигается формированием на их поверхности различных защитных покрытий, составы и методы нанесения которых постоянно совершенствуются. Процессы, возникающие при трении при высоких температурах, зависят от многих факторов, которые действуют одновременно: при высоких температурах изменяются механические свойства материалов, зазоры в узлах трения и искажается геометрическая форма деталей; резко возрастает химическая активность поверхностей трения, взаимодействующих друг с другом и окружающей средой. При высокой температуре создается дополнительное напряженное состояние в узле трения, ограничивается использование жидких смазочных материалов [1]. Для

уменьшения сил трения применяются самосмазывающиеся композитные покрытия в качестве смазочных материалов в широком диапазоне температур. При высоких температурах повысить антифрикционную способность поверхностей трения можно за счет использования твердых смазочных покрытий (ТСП) [2]. Применение углерод-углеродных композиционных материалов (УУКМ) способствует повышению антифрикционности узлов трения при высоких температурах [3]. Применение УУКМ в узлах трения при высокой температуре сдерживается из-за отсутствия широкого диапазона трибологических параметров УУКМ.

Цель работы – исследовать влияние нагрузки на коэффициент трения материал Углекон при высокой температуре.

### Материалы и методы исследований

Исследование трибологических параметров проводилось на углерод-углеродном материале Углекон. Поверхность трения материала Углекон подверглась модификации с целью повышения антифрикционности. Для этого был использован антифрикционный модификатор поверхности трения в виде композиции селена и политетрафторэтилена (Se-ПТФЭ). В результате модификации поверхности трения материала Углекон была получена поверхность с новыми трибологическими свойствами. При исследовании трибологических параметров модифицированной поверхности материала Углекон+(Se-ПТФЭ) в паре со сталью 40X13 использовался высокотемпературный трибологический стенд ВТМТ-1000 [4]. Температура при испытаниях составляла 300...600°C, нагрузка – 0,22...1,0 МПа, скорость скольжения составляла 0,25 м/с. Параметры испытаний соответствовали условиям работы натурального узла трения. При испытаниях измерялись непрерывно момент трения и температура.

**Результаты и обсуждение.** В результате испытаний была установлена зависимость коэффициента трения модифицированной поверхности (структурно измененной поверхности) Углекон+(Se-ПТФЭ) от нагрузки и температуры (рис. 1).

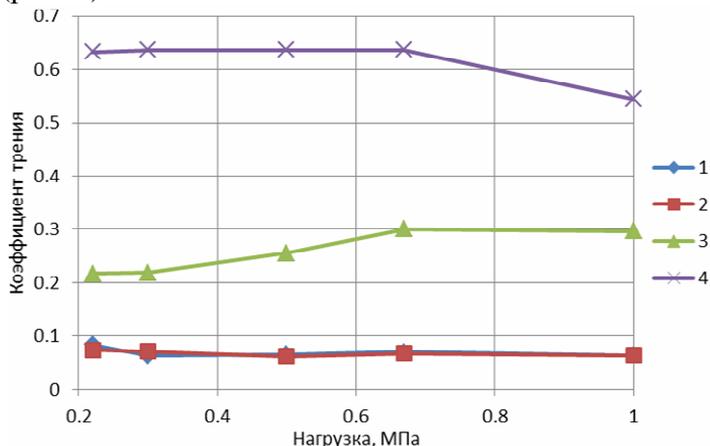


Рис. 1. Зависимость коэффициента трения от нагрузки материала Углекон+(Se-ПТФЭ) при скорости 0,25 м/с, температуре, °С: 1 – 300; 2 – 400; 3 – 500; 4 – 600

В интервале температуры 300...400°C коэффициент трения модифицированной поверхности Углекон+(Se-ПТФЭ) с ростом нагрузки от 0,22 до 1,0 МПа изменяется не значительно и находится в диапазоне 0,062...0,084. При нагрузке 1,0 МПа коэффициент трения при температуре 500°C больше в 4,4 раз, а при температуре 600°C больше в 8,5 раза, чем при температуре 400°C соответственно.

**Выводы.** Структурно измененная поверхность трения материала Углекон модификатором (Se-ПТФЭ) имеет хорошие трибологические свойства в диапазоне температур 300...400°C, скорости 0,25 м/с и нагрузке 0,22...1,0 МПа, коэффициент трения находится в диапазоне 0,062...0,084. Структурно измененная поверхность трения менее восприимчива к воздействию кислорода воздуха до температуры 400°C. Полученные результаты в области высокотемпературных испытаний материалов на трение предназначены для использования при проектировании подшипников скольжения, работающих при высокой температуре.

### Список литературы

1. Гаркунов Д.Н. Триботехника (износ и безызносность): Учебник. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МСХА, 2001. – 616 с.
2. Лобова Т.А., Марченко Е.А. Влияние состояния основы на структуру и трибологические характеристики покрытий диселенида молибдена ( $\text{MoSe}_2$ ) // Материаловедение. – 2019. – № 11. – С. 9-13. – DOI: 10.31044/1684-579X-2019-0-11-9-13.
3. Новые материалы / Колл. авторов; Под науч. ред. Ю.С. Карабасова. – М.: МИСИС, 2002. – 736 с.
4. Roshchin M.N. High-temperature installation for testing composite ceramic materials on the friction and wear behavior // Journal of Physics: Conference Series. 2020, vol. 1515, p. 042050. DOI: 10.1088/1742- 6596/1515/4/042050.

### References

1. Garkunov D.N. Tribotechnics (wear and tear): Textbook. – 4th ed., reprint and additional. – М.: Publ. house of the MAA, 2001. – 616 p.
2. Lobova T.A., Marchenko E.A. Influence of the base state on the structure and tribological characteristics of molybdenum diselenide ( $\text{MoSe}_2$ ) coatings // Materials Science. 2019, no. 11, pp. 9-13. DOI: 10.31044/1684-579X- 2019-0-11-9-13
3. New materials / Call of authors; Under the scientific editorship of Yu.S. Karabasov. – Moscow: MISIS, 2002. – 736 p.
4. Roshchin M.N. High-temperature installation for testing composite ceramic materials on the friction and wear behavior // Journal of Physics: Conference Series. 2020, vol. 1515, p. 042050. DOI: 10.1088/1742- 6596/1515/4/042050.

<b>Рощин Михаил Николаевич</b> – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник roschin50@yandex.ru	<b>Roshchin Mikhail Nikolaevich</b> – candidate of technical sciences, leading researcher
--	---

Received 16.10.2024